

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理

組 別：國中組

作品名稱：蓮葉效應觀測與探討之研究~
以校園常見植物與碳顆粒為例

關 鍵 詞：蓮葉效應、碳顆粒、奈米結構

編 號：

目 錄

摘 要	3
壹、研究動機	3
貳、研究目的	3
參、研究設備及器材	4
肆、研究過程與方法	6
伍、實驗結果	12
陸、討論	22
柒、結論	24
捌、參考資料	24

摘要

本研究主要分為兩部分，分別探討校園常見植物與碳顆粒的蓮葉效應(Lotus effect)。我們先針對蓮葉的自潔效應做觀測，探討各植物葉面的疏水性與接觸角，並使用光學顯微鏡觀察其表面結構，最後探討碳顆粒的蓮葉效應、顯微觀測及其在水中形成的全內反射現象。

初步實驗得知在顯微觀測下具有疏水性之葉面較無疏水性表面結構細緻、密集；碳顆粒有奈米級的細緻表面，甚至比蓮葉表面更為細微，具有超疏水性。碳顆粒具疏水性的細緻結構能與水中間隔有一層空氣，此時若觀察角度大於臨界角，使光線進不到物質表面，在水中便能形成全內反射現象。

壹、研究動機

某日早晨，我們在校園中間逛，偶然看到水滴從蓮葉上滾落，走近一看，發現葉面上並沒有任何水留下的水漬，但可以看到幾道灰塵被水帶走的痕跡。我們在旁邊姑婆芋的葉子上也撒了一點水，水滴只有慢慢滑落。我們不知其所以，且推測到底為什麼會有此種現象，是蓮葉表面的構造所致，還是另有其他原因所致呢？於是便向老師詢問，在老師的指導下開始了我們這次的科展。

貳、研究目的

- 一、理解蓮葉效應的疏水性與自潔效應定義。
- 二、觀察探討各植物葉片與碳顆粒之蓮葉效應並測量其接觸角。
- 三、使用顯微鏡觀察植物葉片與碳顆粒表面的細緻結構。
- 四、以全內反射現象印證碳顆粒之超疏水性。

參、研究設備及器材

蓮葉、聖誕紅紅葉、聖誕紅綠葉、血桐葉、香水樹葉、姑婆芋葉、光學顯微鏡、純水、燒杯、量筒、錐形瓶、滴管、蠟燭、光碟、指甲油、載玻片、膠帶、打火機、放大鏡、數位相機、手機和筆電等。

	
a.蓮葉	b.聖誕紅紅葉
	
c.聖誕紅綠葉	d.血桐葉
	
e.香水樹葉	f.姑婆芋葉





	
<p>g. 光學顯微鏡</p>	<p>h. 基本實驗器材</p>
	
<p>i. 蠟燭</p>	<p>j. 光碟片</p>





圖 1. 研究設備及器材

肆、研究過程及方法

第一部份：植物的蓮葉效應探討

【試驗一】蓮葉的自潔效應觀測

- 1.實驗說明：在蓮葉上灑上粉筆灰，再用塑膠滴管滴少量的水與油，觀察葉面上水珠與油滴形狀與運動情形，並以放大鏡觀察葉面是否乾淨。
- 2.實驗器材：蓮葉、粉筆灰、燒杯、塑膠滴管、放大鏡、水、油。
- 3.實驗步驟：
 - (1)將粉筆灰撒至蓮葉上。
 - (2)滴水至蓮葉上，並以放大鏡觀察自潔效應情形。
 - (3)滴油至蓮葉上，並以放大鏡觀察自潔效應情形。

	
a.實驗器材準備	b.撒上粉筆灰
	
c.蓮葉表面滴水	d.以放大鏡觀察

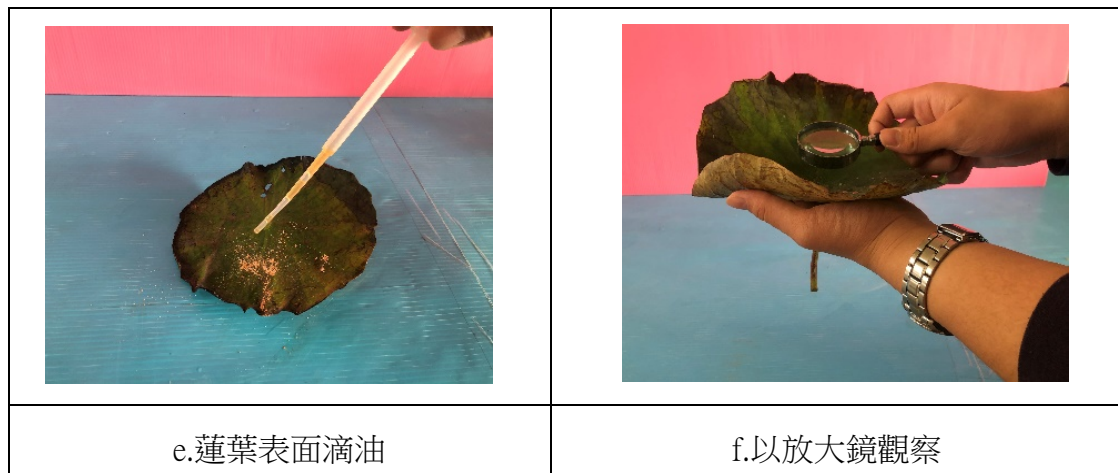


圖 2. 蓮葉的自潔效應觀測實驗情形

【試驗二】各植物葉片疏水性觀察

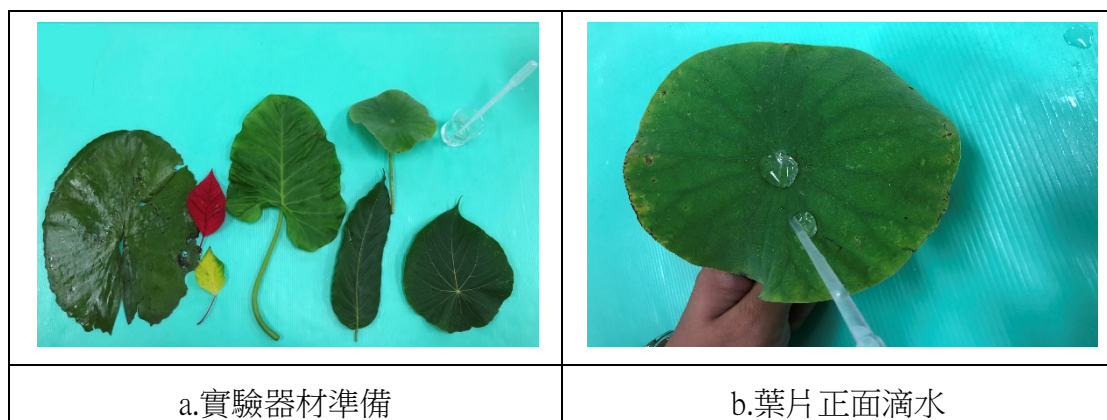
1.實驗說明：將葉片置於平面上以筆電等比例放大，測量葉片與水滴之接觸角，若小於 90 度則為親水性、大於或等於 90 度則為疏水性、大於 140 度則屬於超疏水性。

2.實驗器材：蓮葉、聖誕紅紅葉、聖誕紅綠葉、血桐葉、姑婆芋葉、香水樹葉、塑膠滴管、水、燒杯、量角器、相機。

3.實驗步驟：(1)使用滴管將水滴於各植物葉片正、背面。

(2)觀察水滴形狀與運動情形，用相機拍攝水滴在葉面上的情況。

(3)使用 Geogebra 角度分析軟體來測量接觸角，一種葉片測量三片，取其觀測結果並求其平均值。



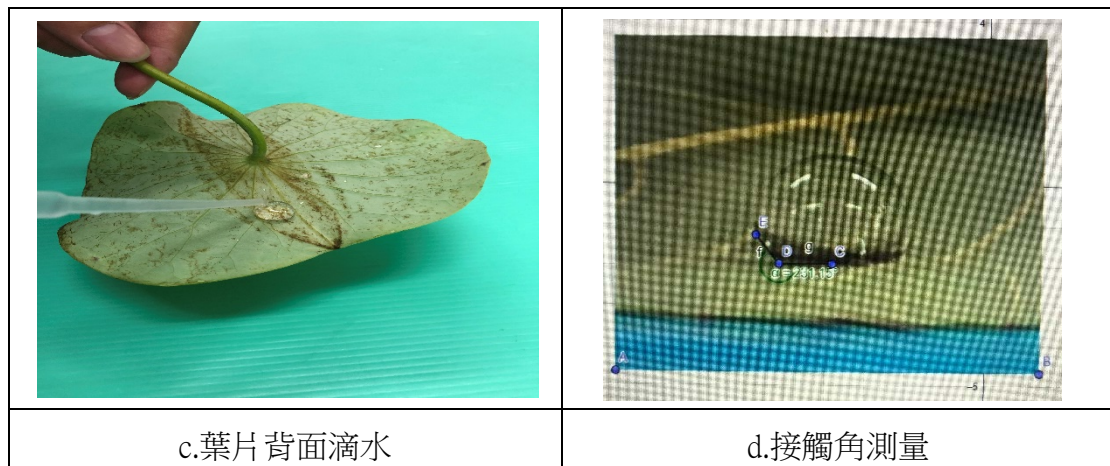
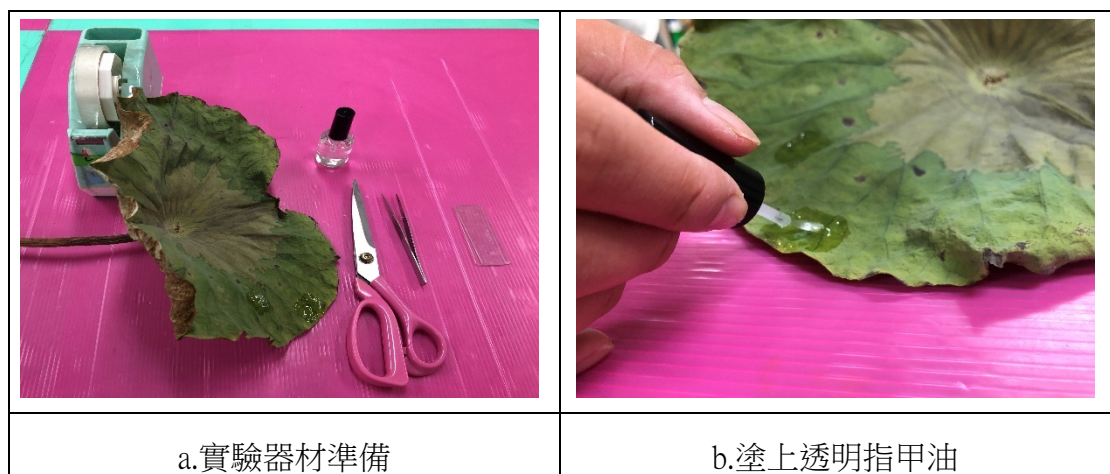


圖 3. 各植物葉片疏水性觀察實驗情形

【試驗三】自製拓模與顯微觀測

- 1.實驗說明：製作葉片拓模，使用光學顯微鏡觀察植物表面結構，若葉片表面具突起、凹陷等微米或奈米結構，則具有疏水性或超疏水性。
- 2.實驗器材：蓮葉、聖誕紅(苞葉和葉)、香水樹、血桐、姑婆芋、透明指甲油、載玻片、顯微鏡、透明膠帶、尖嘴鑷子、相機。
- 3.實驗步驟：(1)取透明指甲油，在每植物葉面正反面各塗上一小片。
(2)待乾後，使用膠帶將指甲油透明印模自葉面取下，置於玻片上，以顯微鏡放大 40~400 倍，記錄觀察結果並拍攝放大後的影像。



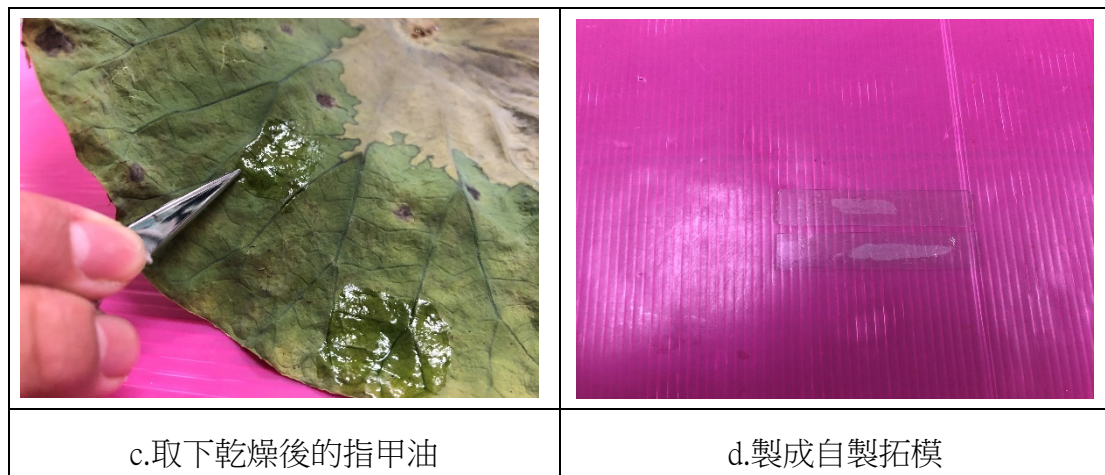


圖 4.自製拓模實驗情形

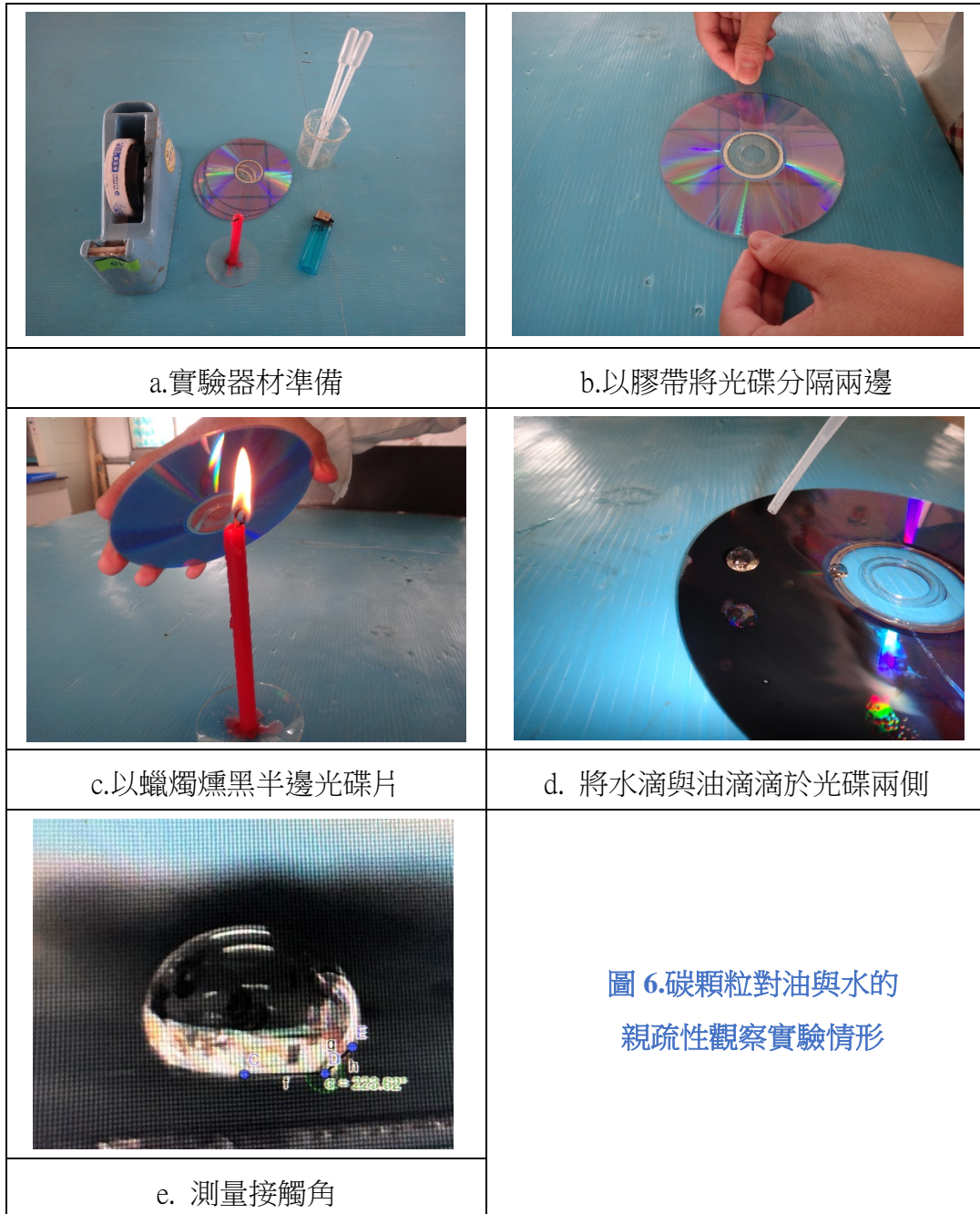


圖 5.顯微觀測實驗情形

第二部份：碳顆粒的蓮葉效應探討

【試驗一】碳顆粒對油與水的親疏性觀察

- 1.實驗說明：使蠟燭燃燒不完全產生黑煙，以光碟片在燭火上吸附黑煙取得碳顆粒，觀察碳顆粒對油與水的親疏性。
- 2.實驗器材：膠帶、光碟片、蠟燭、打火機、滴管、燒杯、油、水、相機。
- 3.實驗步驟：
 - (1)以膠帶將光碟經中間圓孔貼一長條，分隔兩邊。
 - (2)以蠟燭燃燒光碟一側，得到碳顆粒於光碟表面。
 - (3)用塑膠滴管將水滴與油滴滴在光碟片兩側。
 - (4)傾斜光碟，觀察水滴運動情形。
 - (5)拍下水滴與油滴在光碟與碳顆粒之表面，使用 Geogebra 角度分析軟體來測量接觸角，測量三次碳顆粒取其觀測結果並求其平均值。



【試驗二】碳顆粒的顯微觀察

- 1.實驗說明：使蠟燭燃燒不完全產生黑煙，以載玻片在燭火上吸附黑煙取得碳顆粒並以顯微鏡觀察。
- 2.實驗材料：蠟燭、表玻璃、載玻片、打火機、光學顯微鏡、數位相機。
- 3.實驗步驟：(1)將蠟燭固定於表玻璃。
(2)將載玻片置於燭火上並收集碳顆粒。
(3)使用顯微鏡觀察載玻片上的碳顆粒。

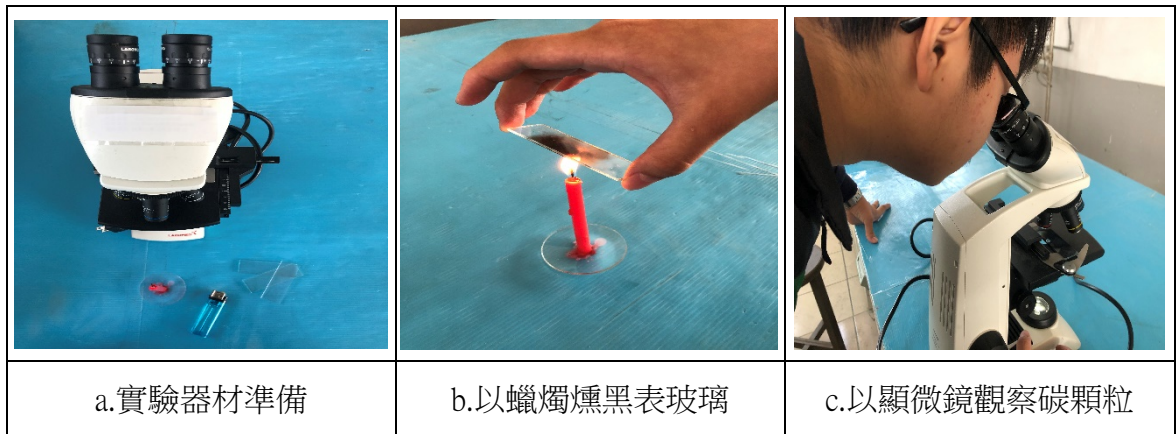


圖 7.碳顆粒的顯微觀察實驗情形

【試驗三】碳顆粒在水中的全反射

- 1.實驗說明：以冰棒棍在燭火上吸附黑煙取得碳顆粒，使用無水原子筆在冰棒棍表面寫字後，插入水中觀察文字變化與差異。
- 2.實驗材料：蠟燭、燒杯、冰棒棍、打火機、無水原子筆。
- 3.實驗步驟：(1)將蠟燭固定於表玻璃。
(2)將冰棒棍置於蠟燭上空並收集碳顆粒。
(3)將被碳顆粒吸附的冰棒棍置入水中。
(4)轉動、傾斜冰棒棍，觀察冰棒棍的表面變化並記錄實驗結果。

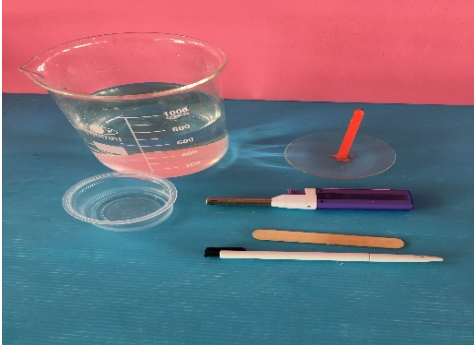
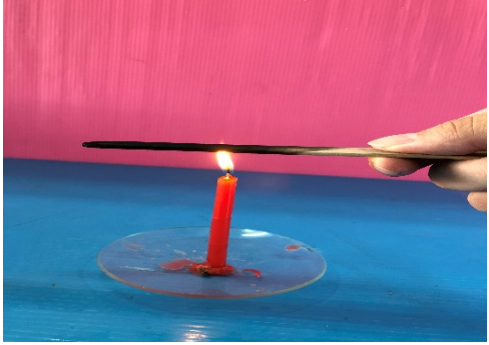


	
<p>a. 實驗器材準備</p>	<p>b. 燻黑冰棒棍</p>
	
<p>c. 在冰棒棍上寫字</p>	<p>d. 將冰棒棍插入水中</p>

圖 8. 碳顆粒在水中的全反射實驗情形

伍、研究結果

第一部分：植物的蓮葉效應探討

【試驗一】蓮葉的自潔效應觀測

(1) 實驗記錄：

	
<p>a. 蓮葉表面滴水</p>	<p>b. 蓮葉表面滴油</p>







圖 9. 蓮葉的自潔效應觀測實驗記錄

(2)實驗結果：經實驗得知，當蓮葉表面滴水，水滴成圓球狀且能吸附粉筆灰，葉面會被水沖洗乾淨；當蓮葉表面滴油，油滴向外擴散黏滯在蓮葉表面且不能吸附粉筆灰，葉面無法被油沖洗乾淨。

(3)實驗說明：水滴在超疏水性之蓮葉表面可快速移動，進而帶走吸附在表面上的粉筆灰，即為自潔作用。

【試驗二】各植物葉片疏水性觀察

(1)實驗記錄：

	
<p>a.蓮葉正面</p>	<p>b.蓮葉反面</p>
	
<p>c.聖誕紅紅葉正面</p>	<p>d.聖誕紅紅葉反面</p>
	
<p>e.聖誕紅綠葉正面</p>	<p>f.聖誕紅綠葉反面</p>

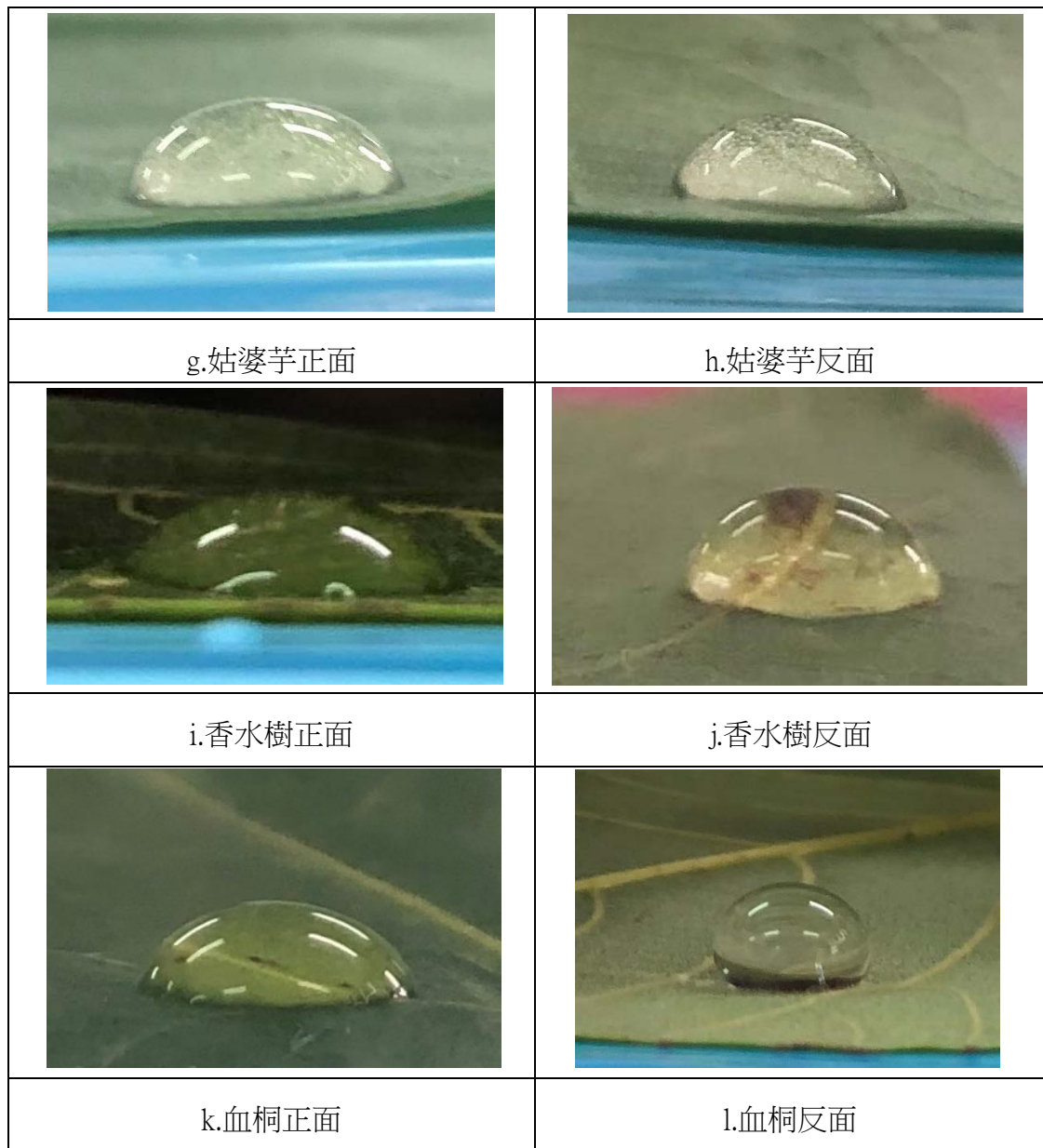


圖 10. 各植物葉片接觸角測量平均值觀察實驗結果

(2) 實驗結果：如果液體與物體表面吸附力佳，液體會變成扁平的形狀，接觸角越小。反之若液體不會吸附在物體表面上，液體就會因為內聚力而成為一個圓球的形狀，接觸角越大表示其疏水性愈強。

(3) 實驗數據：表 1. 各植物葉片疏水性觀察之接觸角數值測量實驗結果、表 2. 各植物葉片疏水性觀察接觸角數值範圍實驗結果

葉片	編號 1	編號 2	編號 3	平均值
蓮葉正面	148.84°	149.42°	151.23°	149.83°
蓮葉反面	152.86°	150.74°	152.66°	152.08°
聖誕紅紅葉正面	143.67°	145.51°	143.87°	144.35°
聖誕紅紅葉反面	149.10°	151.06°	148.34°	149.50°
聖誕紅綠葉正面	84.65°	86.32°	84.36°	85.11°
聖誕紅綠葉反面	139.33°	140.56°	141.89°	140.59°
姑婆芋正面	68.66°	70.11°	67.63°	68.80°
姑婆芋反面	59.49°	58.43°	60.78°	59.57°
香水樹葉正面	62.62°	58.94°	61.98°	61.18°
香水樹葉反面	66.54°	65.73°	66.42°	66.23°
血桐葉正面	68.85°	67.52°	68.97°	68.45°
血桐葉反面	115.56°	116.24°	113.96°	115.25°

表 1.各植物葉片疏水性觀察之接觸角數值測量實驗結果

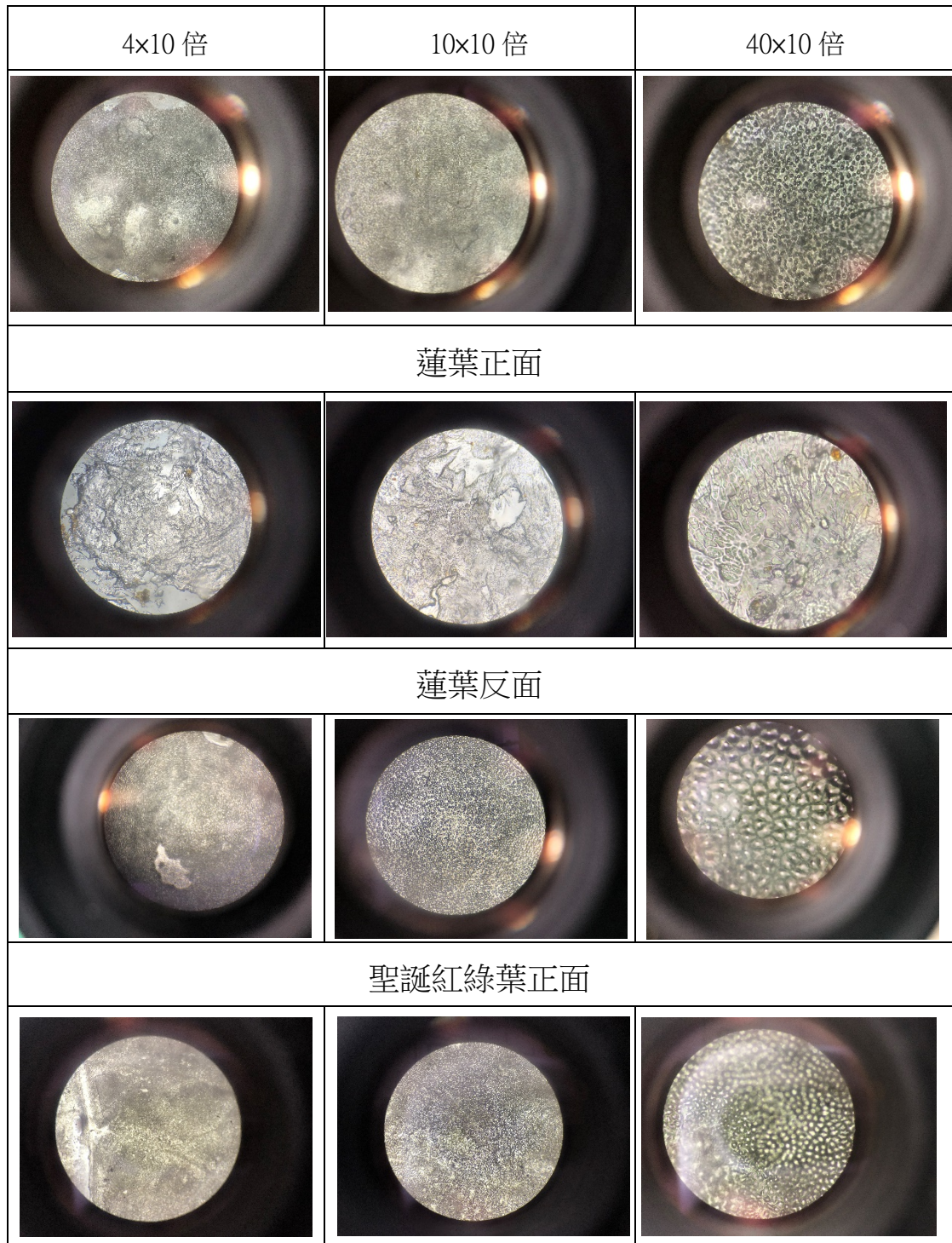
葉片	親水性 (0°~90°)	疏水性 (90°~140°)	超疏水性 (140°~180°)
蓮葉(正)			V
蓮葉(反)			V
聖誕紅紅葉(正)			V
聖誕紅紅葉(反)			V
聖誕紅綠葉(正)	V		
聖誕紅綠葉(反)			V
姑婆芋(正)	V		
姑婆芋(反)	V		
香水樹(正)	V		
香水樹(反)	V		
血桐(正)	V		
血桐(反)		V	

表 2.各植物葉片疏水性觀察接觸角數值範圍實驗結果

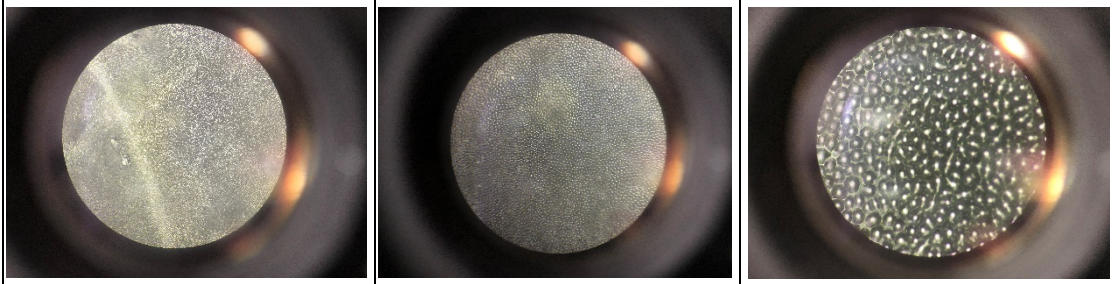
(4)實驗說明：具有疏水性之葉片表面有微米大小的絨球，而每一絨球上又有蠟質纖毛結構，由於水有表面張力會將水滴縮成最小表面積的球形，再加上水滴與奈米的纖毛接觸只有一點點，故造成水滴形成球形。

【試驗三】自製拓模與顯微觀測

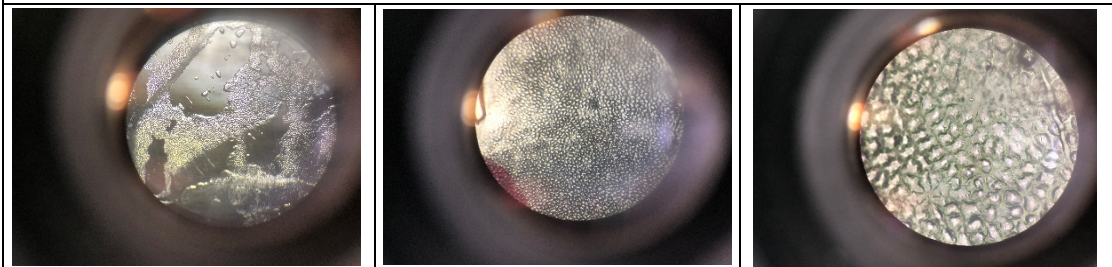
(1)實驗記錄：



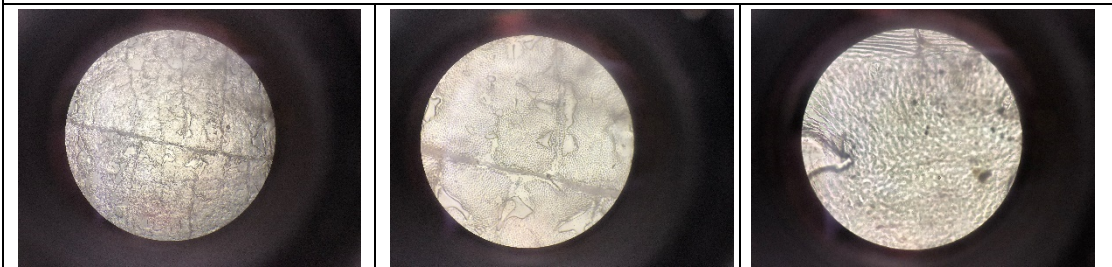
聖誕紅綠葉反面



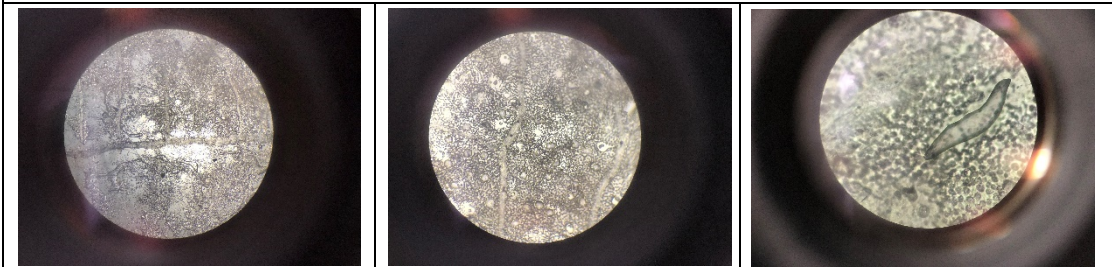
聖誕紅紅葉正面



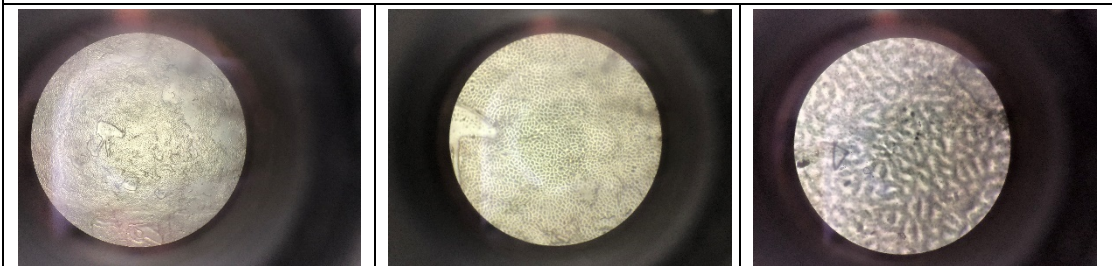
聖誕紅紅葉反面



血桐正面



血桐反面



香水樹正面

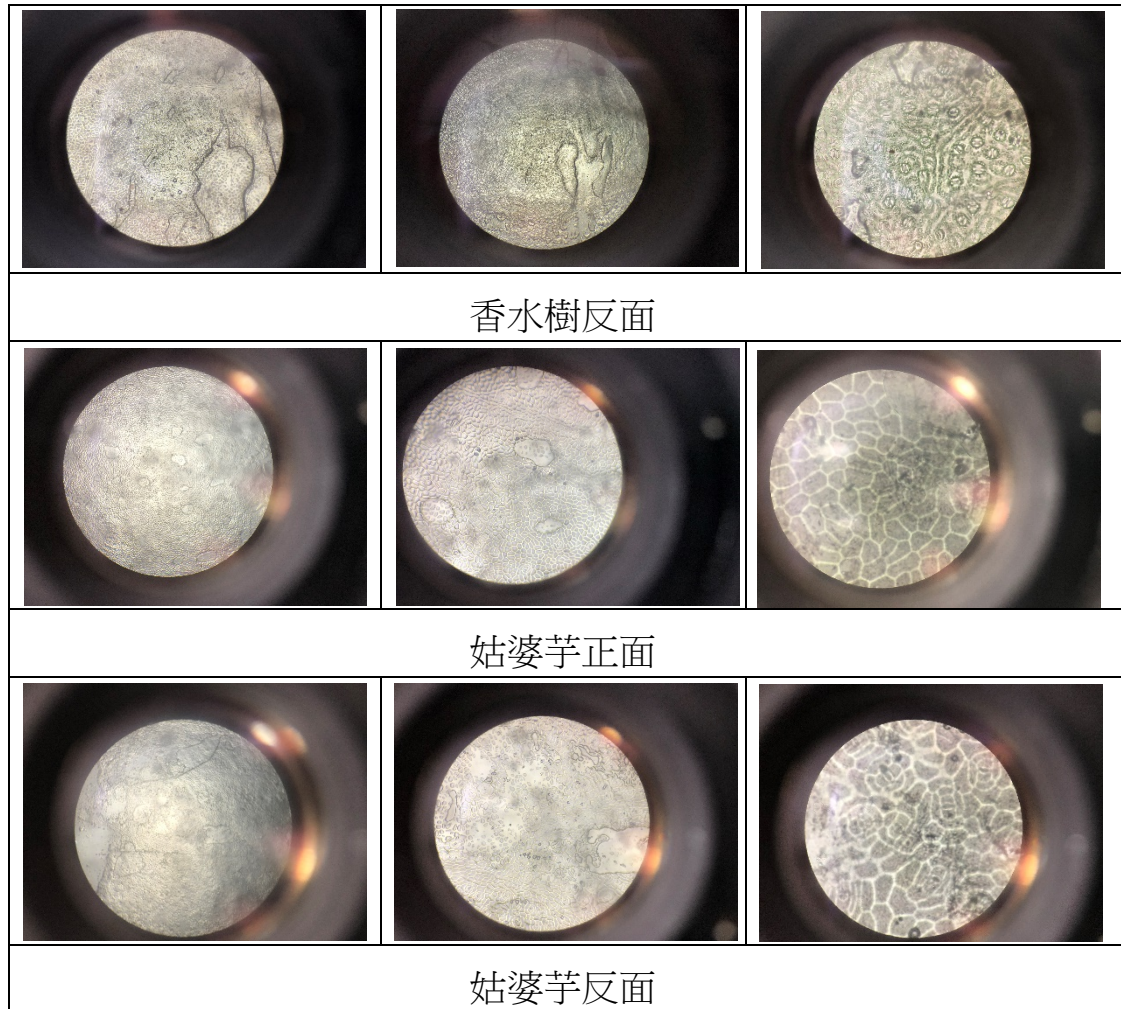


圖 11. 自製拓模之顯微觀測實驗結果

(2)實驗結果：經比較後得知，具有疏水性、超疏水性的葉片，表面構造亦較為細微。如蓮葉正面具有大小不等橢圓狀凸起、反面則具不規則凸起、凹陷。聖誕紅綠葉正反面結構相似，但反面結構明顯較正面細微。聖誕紅正反面與血桐反面皆具有不規則凹陷；具有親水性的葉片，表面結構則較平整，如聖誕紅綠葉、血桐正面、姑婆芋葉、睡蓮葉、香水樹葉正反面。

(3)實驗說明：接觸角大於 90 度之葉片表面超疏水性狀態是由表面結構與表面蠟質共同造成的。

第二部份：碳顆粒的蓮葉效應探討

【試驗一】碳顆粒對油與水的親疏性觀察

(1)實驗記錄：

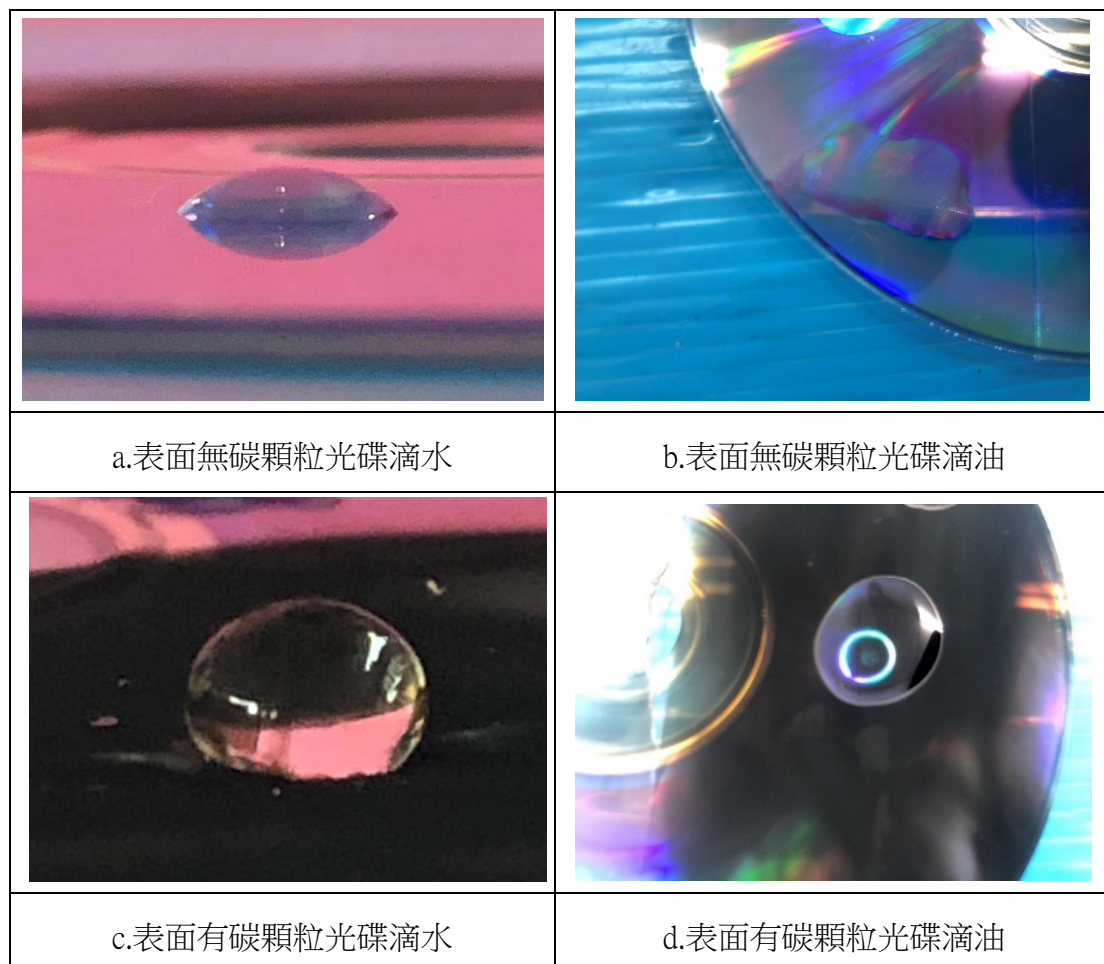


圖 12 . 碳顆粒光碟的親疏性觀測實驗結果

(2)實驗結果：經實驗得知，水滴在無碳顆粒的光碟上較為扁平，其接觸角小於 90 度，不具疏水性；水滴在碳顆粒表面則水珠成圓球狀，且其接觸角高達 140 度以上，具超疏水性。在無碳顆粒的光碟上油滴扁平，有黏滯情形；表面有碳顆粒則油滴分散開來，呈圓環狀，且不吸附碳顆粒。

(3)實驗數據：表 3.碳顆粒光碟的親疏性接觸角測量數據實驗結果

有無碳顆粒	編號 1	編號 2	編號 3	平均值
無碳顆粒	36.13°	36.14°	36.09°	36.12°
有碳顆粒	164.65°	164.61°	164.63°	164.63°

表 3.碳顆粒光碟的親疏性接觸角測量數據實驗結果

(4)實驗說明：碳顆粒是奈米級尺寸，具有超疏水性，使水滴成圓球狀;油滴是奈米級尺寸，且碳顆粒有親油性，使油滴向外擴散。

【試驗二】碳顆粒的顯微觀察

(1)實驗記錄：

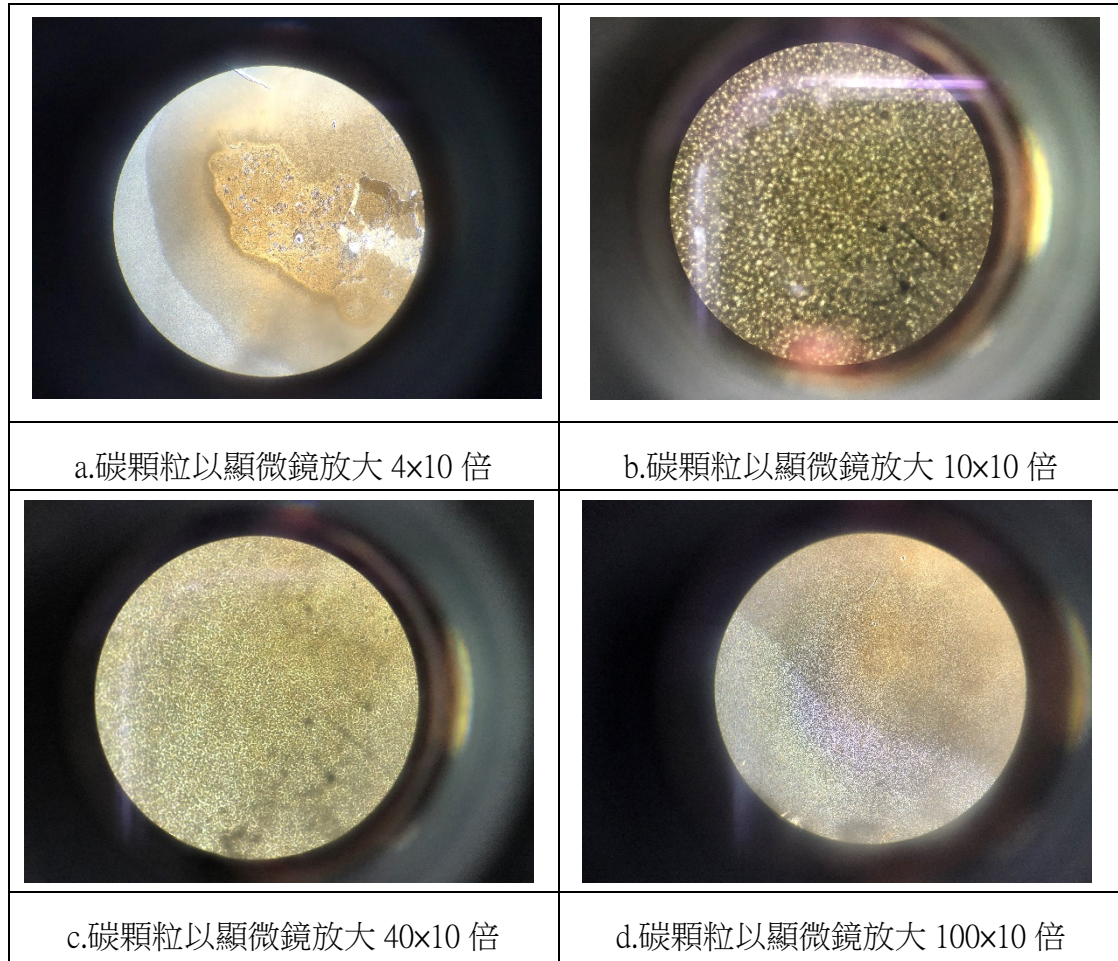


圖 13. 碳顆粒的顯微觀測實驗結果

(2)實驗結果：碳顆粒透過顯微鏡觀察，經比較後得知，甚至比具有超疏水性的植物葉片的表面結構細密。

(3)實驗說明：碳顆粒的表面結構十分細微，表示具有超疏水性。

【試驗三】碳顆粒在水中的全反射

(1)實驗記錄：

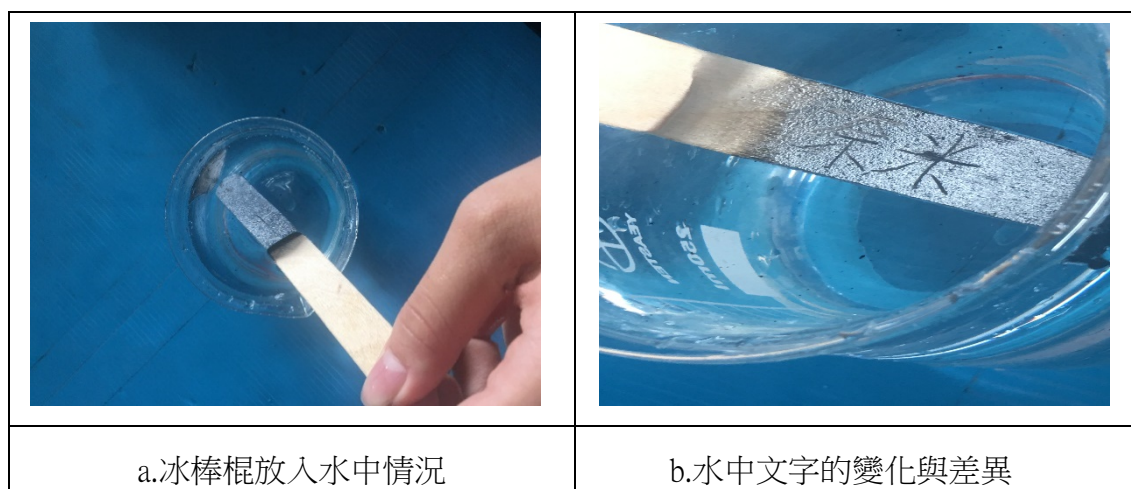


圖 14 . 碳顆粒在水中的全反射觀測實驗結果

(2)實驗結果：冰棒棍上的碳顆粒上與水之間有一層空氣層，看起來為銀白色的。無水原子筆所寫字的地方回復原來的黑色字體。

(3)實驗說明：冰棒棍附著了奈米級結構的碳微粒具有疏水性，所以水與微粒碳之間有一層空氣層。光線入射到冰棒棍時，其附著了奈米級結構的碳微粒具有疏水性，因此插入水中之後，水與微粒碳之間有一層很細微的空氣層。入射角比較小的光線可以折射進入空氣層，再照射到黑色碳並且被吸收。入射角比較大的光線則發生全反射，反射至水面再折射進入空氣。

陸、討論

第一部份：植物的蓮葉效應探討

一、蓮葉表面具有超疏水性以及自潔（self-cleaning）的特性，此為蓮葉效應。蓮葉表面具有由蠟質所形成之角質層，其本質具有疏水性。其表皮細胞上覆蓋著一層直徑在奈米級的蠟質結晶，蠟質結晶本身的化學結構為飽和的碳氫化合物，幾乎沒有極性，覆蓋在植物角質層上的一種主要由直鏈脂肪烴構成的物質，可以防止植物的表皮被弄濕及水分喪失。因此具有超疏水性

（superhydrophobicity）以及自潔（self-cleaning）的特性。

二、當液體滴在固體表面上時，固體表面和液滴切線的夾角，就是所謂的接觸角(Contact angle)。拍攝時盡量使鏡頭與桌面位於同一水平面，以減少誤差。比較各植物葉片之疏水性實驗中，測量接觸角因沒有專業儀器，使用相機拍攝後再等比例放大測量。藉由測量多次接觸角，減少誤差。

三、油滴為奈米級尺寸，會滲入蓮葉表面的絨毛結構中，所以不會產生蓮葉效應而把水排開。

四、由拓模的顯微觀測結果得知，具有疏水性、超疏水性的葉片，表面的構造較無疏水性的葉片細微。表面的構造有突起物與纖毛，使葉片具有疏水性或超疏水性，在遇到液體時，能把水排開。

五、其他影響葉片疏水性的因子，如：季節(春季、夏季、秋季、冬季)、葉片新鮮度(是否枯黃)都可能對植物葉片疏水性及接觸角造成影響，因時間不足，留待日後再繼續深入探究。

第二部份：碳顆粒的蓮葉效應探討

一、一般碳氫化合物完全燃燒會生成二氧化碳與水蒸氣;而蠟燭在燃燒過程中先是固態蠟受熱成液態蠟油，再經燭芯上升受熱成蠟蒸氣，此為蠟的三態物理變化，最後蠟蒸氣形成二氧化碳和水蒸氣，是謂化學變化。若在燃燒過程中，晃動燭火，則此時因燃燒不完全可吸附黑煙而取得碳顆粒。

二、因取得碳煙的碳顆粒過程中，不同時間取得之碳顆粒之間的吸附效果不緊密，所以使得在滴水後，雖具有超疏水性現象，卻也容易同時將吸附性不

佳的碳顆粒如同灰塵般被水吸附而從表面滾下，產生自潔效果。

三、燃燒光碟時，應注意時間控制不可太長，避免使光碟變形而影響實驗結果。

四、拍攝碳顆粒在光碟上的情況時，與拍攝植物葉片接觸角一樣，盡量使鏡頭與桌面位於同一水平面，以減少誤差，並藉由測量多次接觸角，提升準確度。

五、全內反射(Total Internal Reflection)，又稱全反射，是一種光學現象。光由傳播光速較慢之介質(光密界質)進入傳播光速快之介質(光疏界質)時，其入射角會小於反射角，就像光由水進到空氣中，當入射角大到一個限度(稱為臨界角)時，此時折射角為 90 度，若入射角大於此臨界角，則沒有折射，只剩反射，此稱為全反射。當光線經水中進入具疏水性物質時，因疏水性物質與水中間會有一層空氣，所以此時若觀察角度大於臨界角，使光線進不到疏水性物質表面，我們會觀察到全反射的銀白光。

六、無水原子筆所寫的字，已擠壓而破壞碳顆粒的奈米結構，使空氣不再駐留，無法產生全反射，而未寫字的地方因全反射的關係變成銀白色。

七、大自然中動物身上也有許多奈米的呈現，蝴蝶像是端紫斑蝶翅膀上有週期性排列結構，在不同角度下觀察可以看到顏色變換，稱為彩蝶效應。壁虎腳上奈米尺寸的剛毛可以使壁虎吸附在牆壁上。企鵝羽毛上有奈米級的溝狀結構使企鵝身上不易結冰等。

柒、結論

一、蓮葉因表面的特殊構造而具有疏水性及自潔效應，遇到在水滴上在其葉面時，可以先使水滴與葉面呈高接觸角，再把水滴匯聚成圓球狀，帶走灰塵及污漬。

二、由拓膜的顯微觀測結果和各植物的葉片的疏水性結果比較可知，如果植物表面的構造越細密，則水滴對植物葉面之接觸角越大。而表面的細緻結構如果有凹凸起伏時，則灰塵與水珠在葉面上的吸附力變小，可具有蓮葉效應。

三、由碳顆粒的顯微觀察發現其表面結構細緻，且接觸角數值大，蓮葉效應的展現甚至較蓮葉等其他植物更為明顯。

四、由蓮葉的自潔效應與碳顆粒光碟的親疏水性觀察結果可知，蓮葉和碳顆粒皆不具有疏油性，故油滴散布在兩者上，顯示油滴為奈米級尺寸。

五、從碳顆粒在水中的全反射的實驗中可知，冰棒棍附著碳微粒之後，會使其與水之間有一層空氣，產生全內反射的現象，而此現象更應證了碳顆粒的超疏水性。

六、奈米結構與我們的生活息息相關，除大自然裡時常可見，亦可應用於生活中，如奈米鍍膜、衣料等等，都能使我們的生活更加便利，值得深入研究及應用。

捌、參考資料

一、國中自然與生活科技(一)，第二章，2018，康軒出版社。

二、高中選修物理(上)，2017，翰林出版社。

三、奈米新視界，陳世家，奈米科技 K-12 教育發展中心出版，2012 年 10 月。

四、蓮花的自潔效應與奈米科技的應用，徐世昌，科學發展，第 354 期，60~63 頁，2010 年 11 月。

五、呂宗昕，2004，自然界中的奈米效應。

六、維基百科。

七、蕭蓉禎、邱垂生、溫育德，生物體表面的奈米現象，2013 年 1 月。

八、黃竹安、劉威志，課本沒寫的全反射，科學教育月刊，第 382 期，2015 年 9 月。

九、高中奈米通用補充教材，許慶文，中北區奈米科技 K-12 教育發展中心，2008 年 12 月。